

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-140229

(43)公開日 平成6年(1994)5月20日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 1/34	A			
15/02	L	8123-5E		
17/00	Z	8123-5E		

審査請求 未請求 請求項の数5(全 9 頁)

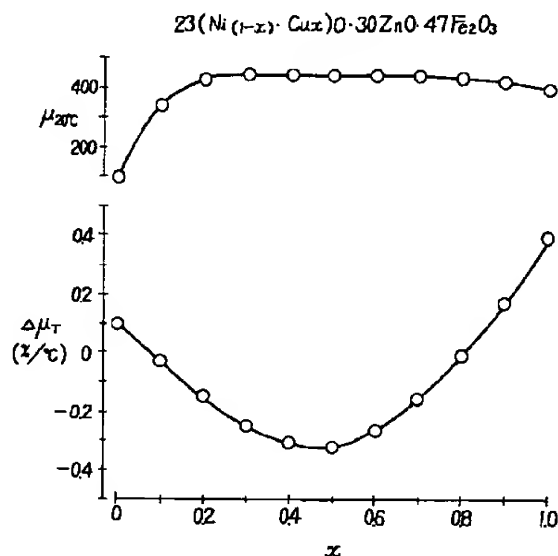
(21)出願番号	特願平5-48348	(71)出願人	000134257 株式会社トーキン 宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号
(22)出願日	平成5年(1993)3月9日	(72)発明者	佐藤 忠邦 宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号 株式会社トーキン内
(31)優先権主張番号	特願平4-243653	(74)代理人	弁理士 後藤 洋介 (外2名)
(32)優先日	平4(1992)9月11日		
(33)優先権主張国	日本 (J P)		

(54)【発明の名称】 インダクタ及び酸化物磁性材料

(57)【要約】

【目的】 スピネル型フェライトを磁芯材料としこれに樹脂を複合化してインダクタを製造する際に多層化処理が不要であって温度係数が良好であるインダクタを提供する。また、電氣的短絡を防止することができるインダクタを提供する。

【構成】 スピネル型フェライト磁性材料と樹脂を複合化して構成されるモールド型のインダクタにおいて、前記スピネル型フェライト磁性材料の透磁率の温度係数を負とする。前記スピネル型フェライト磁性材料の主成分を  $a(\text{Ni}_{(1-x)} \cdot \text{Cu}_x) \text{O} \cdot b \text{ZnO} \cdot c \text{Fe}_2 \text{O}_3$  とした場合に、 $x=0.1 \sim 0.8$ ,  $a+b+c=1.00$ ,  $b=0 \sim 3.5$  ( $b=0$ も含む),  $c=47.5 \sim 48.5$ とし、かつ、前記スピネル型フェライト磁性材料のキュリー温度が $100^\circ\text{C}$ 以上である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 スピネル型フェライト磁性材料と樹脂を複合化して構成されるモールド型のインダクタにおいて、前記スピネル型フェライト磁性材料の透磁率の温度係数を負とすることを特徴とするインダクタ。

【請求項2】 請求項1記載のインダクタにおいて、前記スピネル型フェライト磁性材料の主成分を $a(\text{Ni}_{(1-x)} \cdot \text{Cu}_x) \text{O} \cdot b\text{ZnO} \cdot c\text{Fe}_2\text{O}_3$ とした場合に、 $x=0.1 \sim 0.8$ 、 $a+b+c=100$ 、 $b=0 \sim 35$  ( $b=0$ も含む)、 $c=32 \sim 48.5$ とし、かつ、前記スピネル型フェライト磁性材料のキュリー温度が $100^\circ\text{C}$ 以上であることを特徴とするインダクタ。

【請求項3】 請求項1記載のインダクタにおいて、前記スピネル型フェライト磁性材料の主成分を $a(\text{Ni}_{(1-x)} \cdot \text{Cu}_x) \text{O} \cdot b\text{ZnO} \cdot c\text{Fe}_2\text{O}_3$ とした場合に、 $x=0.1 \sim 0.8$ 、 $a+b+c=100$ 、 $b=0 \sim 35$  ( $b=0$ も含む)、 $c=47.0 \sim 48.5$ とし、かつ、前記スピネル型フェライト磁性材料のキュリー温度が $100^\circ\text{C}$ 以上であることを特徴とするインダクタ。

【請求項4】 請求項3記載のインダクタにおいて、前記樹脂の曲げ弾性率が $2000\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以下とすることを特徴とするインダクタ。

【請求項5】 スピネル型フェライト磁性材料の主成分を $a(\text{Ni}_{(1-x)} \cdot \text{Cu}_x) \text{O} \cdot b\text{ZnO} \cdot c\text{Fe}_2\text{O}_3$ とした場合に、 $x=0.05 \sim 0.55$ 、 $a+b+c=100$ 、 $b=11.0 \sim 25.0$ 、 $c=44.0 \sim 49.7$ とすることを特徴とする酸化物磁性材料。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、スピネル型フェライト磁芯材料と樹脂を複合化して構成されるトランスおよびコイルを含むインダクタおよび酸化物磁性材料に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、インダクタにおいては、軟磁性材料に金属に比べ電気抵抗が高くなり周波数特性が高周波化できることから、 $\text{Mn-Zn}$ 系フェライトや $\text{Ni-Zn}$ 系フェライトや、 $\text{Mn-Mg-Zn}$ 系で代表されるようなスピネル型フェライト焼結体が使用されてきた。従来より市販されているこれらのスピネル型フェライトは、特に周波数による制約がない場合、より高い透磁率を有する材料がより有用とされる。例えば、高い透磁率を示すスピネル型フェライトとして知られている $\text{Mn-Zn}$ 系フェライトは、材料の透磁率が正の温度範囲を示す領域で使用されている。また、インダクタとしては、温度変化が零であるか、又は正となる方が好ましい。したがって、従来より市販されている磁芯材料用スピネル型フェライトの温度係数は、零もしくは正を示してい

る。

【0003】現在、インダクタは、小型化、表面実装化が進展している。したがって、磁芯材料と銅線を配置した状態を樹脂等でモールドし、表面実装を容易にした素子形状としたインダクタが工業化されている。しかしながら、このフェライト磁芯材料と樹脂を複合化して形成するインダクタの磁性材料として、市販されているような透磁率の温度係数が正を示すフェライトを使用すると、複合した樹脂とフェライト間で発生する応力の変化のために、インダクタのインダクタンスの変動が著しく大きくなるという問題がある。そこで、現在では、この変動を小さくするため、樹脂を多層化することにより、フェライトに加わる応力の変化を減少し、インダクタのインダクタンスの変動幅を小さくする工夫がなされている。

【0004】また、チョークコイルに使用される酸化物磁性材料は、一般に高い磁束密度が要求され、スイッチング電源等の高周波で動作されるチョークコイルには $\text{Mn-Zn}$ 系フェライトが使用されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来のインダクタにおいては、樹脂を多層化するため処理工程が多くなるので、好ましくない。したがって、工業的には、フェライト磁芯材料に対し、例えば樹脂を直接モールドする等、直接的に複合化し、かつインダクタのインダクタンスの温度変化を小さくできることは、極めて有益となる。

【0006】また、フェライト磁性材料の電気抵抗が高いと、電気導線の絶縁被覆膜が破損した場合でも電氣的短絡を防止することができるから品質の面でも工業上極めて有益となる。

【0007】また、チョークコイルに使用される酸化物磁性材料においては、電気抵抗が約 $10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ であって電気絶縁性が低いから、電気絶縁性を要する場合には絶縁被覆処理をする必要がある。

【0008】本発明の第1の課題は、スピネル型フェライトを磁芯材料としこれに樹脂を複合化してインダクタを製造する際に多層化処理が不要であって、インダクタンスの温度係数が良好であるインダクタを提供することにある。

【0009】本発明の第2の課題は、電気導線の絶縁被覆膜が破損した場合でも電氣的短絡を防止することができるインダクタを提供することにある。

【0010】本発明の第3の課題は、電気絶縁性を要する場合には絶縁被覆処理をする必要がない酸化物磁性材料を提供することにある。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、スピネル型フェライト磁性材料と樹脂を複合化して構成されるモールド型のインダクタにおいて、前記スピネル型フェ

ライト磁性材料の透磁率の温度係数を負とすることを特徴とするインダクタが得られる。

【0012】また、本発明によれば、前記インダクタにおいて、前記スピネル型フェライト磁性材料の主成分を  $a(\text{Ni}_{(1-x)} \cdot \text{Cu}_x) \text{O} \cdot b\text{ZnO} \cdot c\text{Fe}_2\text{O}_3$  とした場合に、 $x=0.1 \sim 0.8$ 、 $a+b+c=100$ 、 $b=0 \sim 35$  ( $b=0$ も含む)、 $c=32 \sim 48.5$ とし、かつ、前記スピネル型フェライト磁性材料のキュリー温度が $100^\circ\text{C}$ 以上であることを特徴とするインダクタが得られる。

【0013】また、本発明によれば、前記インダクタにおいて、前記スピネル型フェライト磁性材料の主成分を  $a(\text{Ni}_{(1-x)} \cdot \text{Cu}_x) \text{O} \cdot b\text{ZnO} \cdot c\text{Fe}_2\text{O}_3$  とした場合に、 $x=0.1 \sim 0.8$ 、 $a+b+c=100$ 、 $b=0 \sim 35$  ( $b=0$ も含む)、 $c=47.0 \sim 48.5$ とし、かつ、前記スピネル型フェライト磁性材料のキュリー温度が $100^\circ\text{C}$ 以上であることを特徴とするインダクタが得られる。

【0014】また、本発明によれば、前記インダクタにおいて、前記樹脂の曲げ弾性率を $2000\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以下とすることを特徴とするインダクタが得られる。また、本発明によれば、スピネル型フェライト磁性材料の主成分を  $a(\text{Ni}_{(1-x)} \cdot \text{Cu}_x) \text{O} \cdot b\text{ZnO} \cdot c\text{Fe}_2\text{O}_3$  とした場合に、 $x=0.05 \sim 0.55$ 、 $a+b+c=100$ 、 $b=11.0 \sim 25.0$ 、 $c=44.0 \sim 49.7$ とすることを特徴とする酸化物磁性材料が得られる。

【0015】

【実施例】本発明者は、種々検討を重ねた結果、磁芯材料として使用するスピネル型フェライトの透磁率 $\mu$ の温度係数を負とすることにより、フェライト材と樹脂の間に生ずる応力に係る透磁率 $\mu$ の変化を、フェライト材の温度変化にて補正することにより、樹脂モールド型のインダクタにおけるインダクタンスの温度変化を著しく減少できることを見出した。

【0016】また、このスピネル型フェライト磁性材料の主成分を  $a(\text{Ni}_{(1-x)} \cdot \text{Cu}_x) \text{O} \cdot b\text{ZnO} \cdot c\text{Fe}_2\text{O}_3$  とした場合に、 $x=0.1 \sim 0.8$ 、 $a+b+c=100$ 、 $b=0 \sim 35$  ( $b=0$ も含む)、 $c=32 \sim 48.5$ とし、かつ、スピネル型フェライト磁性材料のキュリー温度 $T_c$ が $100^\circ\text{C}$ 以上であることを必要とすることがわかった。

【0017】 $x=0.1 \sim 0.8$ としたのは、フェライト材料の透磁率 $\mu$ の温度変化が $0.1 \sim 0.8$ の範囲で負を示すからである。また $b=0 \sim 35$  ( $b=0$ も含む)としたのは、透磁率 $\mu$ は $b$ の増加とともに明らかに向上し、 $35$ で極大を示し、それ以上では透磁率 $\mu$ の減少に加えた $T_c$ の減少をともない、 $\text{ZnO}$ 置換による正の効果が期待できなくなるためである。また、 $c=32 \sim 48.5$ としたのは、 $48.5$ 以下で透磁率 $\mu$ の温度

係数が負を示し、 $32$ 以下で損失係数 $\tan \delta$ が明らかに大きくなるためである。

【0018】また、フェライト材料の $T_c$ を $100^\circ\text{C}$ 以上としたのは、透磁率の著しい減少は $T_c$ より約 $20^\circ\text{C}$ 低い温度から $T_c$ の間で生ずるのでインダクタの使用上限温度を $80^\circ\text{C}$ 以上を可能とする場合、材料の $T_c$ としては $100^\circ\text{C}$ 以上が必要となるためである。

【0019】また、 $\Delta\mu_T$ は、 $0 \sim 60^\circ\text{C}$ におけるフェライト磁性材料の透磁率 $\mu$ の温度変化を、 $\mu_{20^\circ\text{C}}$  ( $\mu_{20^\circ\text{C}}$ は、 $100\text{kHz}$ 、 $20^\circ\text{C}$ におけるフェライト磁性材料の比透磁率をあらわしている)で標準化し、 $1^\circ\text{C}$ に対する変化率を求めたものであり、 $\Delta\mu_T = \{(\mu_{60^\circ\text{C}} - \mu_{0^\circ\text{C}}) / \mu_{20^\circ\text{C}}\} \times (1/60) \times 100 (\%/^\circ\text{C})$ となる。ここで $\mu_{60^\circ\text{C}}$ は $60^\circ\text{C}$ における $\mu$ 、 $\mu_{0^\circ\text{C}}$ は $0^\circ\text{C}$ における $\mu$ をあらわす。したがって、 $\Delta\mu_T$ が負の場合、 $\mu$ が負の温度特性を示すフェライト材料であるといえる。

【0020】比較的高い $\mu$ が得られる組成領域の中でも、前記 $C(\text{Fe}_2\text{O}_3$ の組成)を $47.0 \sim 48.5$ とすることにより、フェライト磁性材料の電気抵抗を高くとれることに加えてモールド型L素子の温度変化率 $\Delta L$ を小さくすることができる。 $c=47.0 \sim 48.5$ とした理由は、 $c$ が $47.0$ 以下である場合には $\Delta L$ がやや大きくなる傾向があり、かつ、直流比抵抗 $\rho_{dc}$ が焼結温度の低下により明かに減少する傾向がみられるからであり、一方 $c$ が $48.5$ 以上になると $\Delta L$ が顕著に増加するからである。

【0021】またフェライト磁性材料をモールドする樹脂の曲げ弾性率を $200\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以下とすることにより、 $\Delta L$ を小さくすることができる。前記モールド用の樹脂の曲げ弾性率を $200\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以下としたのは、 $200\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以上とすると $\Delta L$ が顕著に増加するからである。

【0022】実施例1

市販されている $\text{Ni}-\text{Zn}$ 系フェライト材で温度係数 $\Delta\mu_T$ が $0.05\%/^\circ\text{C}$ と $0\%/^\circ\text{C}$ の材料を入手し、外径 $1\text{mm}$ で長さ $3\text{mm}$ の棒状に加工した。また、実施例3で示した試料と同様の製法 ( $b=20, 25, 30$ に対応)により、 $\Delta\mu_T$ が $-0.05\%/^\circ\text{C}$ 、 $-0.12\%/^\circ\text{C}$ 、 $-0.25\%/^\circ\text{C}$ の $\text{Ni}-\text{Cu}-\text{Zn}$ 系フェライト材料を得、外径 $1\text{mm}$ 長さ $3\text{mm}$ の棒状に加工した。

【0023】次に、これらフェライト棒に直径 $30\mu\text{m}$ の絶縁被覆銅線を $150$ 個巻線した後、 $150^\circ\text{C}$ でポリエステル系樹脂及びエポキシ系樹脂を射出成形し、外径が $1.5 \times 1.5 \times 3.5\text{mm}$ の直方体状のモールド型のインダクタを作製した。

【0024】次に、 $500\text{kHz}$ で $0.1\text{mA}$ の電流を流し、YHP製インピーダンスアナライザーを使用して、 $-20^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ の範囲におけるこれらモールド型インダクタのインダクタンスを測定した。そして、 $-2$

5

0℃～80℃におけるインダクタンスの温度変化を20℃におけるインダクタンスで標準化して、インダクタンスの変化率 $\Delta L$ (%)を求めると、 $\Delta L = \{ (L_{80^\circ\text{C}} - L_{20^\circ\text{C}}) / L_{20^\circ\text{C}} \} \times 100$ (%)と表される。ここで $L_{20^\circ\text{C}}$ は20℃におけるインダクタンス $L$ とし、 $L_{80^\circ\text{C}}$ は80℃におけるインダクタンス $L$ とする。図1に、これらモールド型のインダクタの温度変化率 $\Delta L$ と、フェライト材料の温度変化率 $\Delta \mu_T$ との関係を示す。図1よりフェライト材料の $\mu$ の温度変化が負を示す領域で、モールド型のインダクタの温度変化が著しく小さくなるのがわかる。

#### 【0025】実施例2

組成比を $23(\text{Ni}_{(1-x)} \cdot \text{Cu}_x) \text{O} \cdot 30\text{ZnO} \cdot 47\text{Fe}_2\text{O}_3$ とし、ここで $x=0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0$ となるように、酸化鉄( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )と酸化ニッケル( $\text{NiO}$ )と酸化第2銅( $\text{CuO}$ )及び酸化亜鉛( $\text{ZnO}$ )を原料とし、ボールミルにて20時間湿式混合した。次にこれら原料混合粉末を大気中800℃で2時間仮焼した後、ボールミルにて3時間湿式粉碎し、成形用粉末とした。

【0026】次に、これら粉碎粉末にPVAを1wt%湿式混合した後、成形圧 $2\text{t}/\text{cm}^2$ で外径約18mm、内径約12mm、高さ約7mmの成形体となるように金型を使用し、圧縮成形した。次に、これら成形体を、大気中、徐熱、炉冷にて、1000℃で4時間保持し、焼結した。

【0027】次に、これら焼結体に直径0.26mmの絶縁被覆銅線を10回巻線した後、YHP製アナライザを用いて、0℃～60℃の範囲で100kHz、1mAの電流を流し、フェライト試料の比透磁率 $\mu$ を測定した。また、 $\mu$ の温度変化率 $\Delta \mu_T$ を求めた。図2に、これら焼結体の20℃における比透磁率 $\mu_{20^\circ\text{C}}$ と $\Delta \mu_T$ と組成値 $x$ の関係を示す。図2から明らかなように、 $x$ が0.1～0.8の範囲で $\Delta \mu_T$ が負を示すことがわかる。

【0028】なお、 $x=0.1 \sim 0.8$ においては、 $\rho d c = 1 \times 10^8 \sim 2 \times 10^{10} \Omega \text{cm}$ であった。

#### 【0029】実施例3

実施例2と同様にして、組成比が $(53-b)(\text{Ni}_{0.7} \cdot \text{Cu}_{0.3}) \text{O} \cdot b\text{ZnO} \cdot 47\text{Fe}_2\text{O}_3$ とし、ここで $b=0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40$ となるように、リング状のフェライト焼結体を得た後、0℃～60℃の範囲にわたり、比透磁率 $\mu$ を測定した。また、 $b=25$ 以下の焼結体は示差走査熱分析計を使用し、 $b=30$ 以上は恒温槽中加熱による $\mu$ の温度変化測定により $T_c$ を求めた。その結果を図3に示す。図3から明らかなように、 $\Delta \mu_T$ は全域にわたって負を示し、 $T_c$ は、 $b$ の増加とともに直線的に低下して

6

いる。 $\mu_{20^\circ\text{C}}$ は $b$ の増加とともに向上し、35で極大を示している。したがって、 $b$ が35以上では、 $\mu$ が向上せず、かつ $T_c$ が低下するという磁性特性としては無益な範囲といえる。したがって、 $b$ が0～35の範囲( $b=0$ も含む)が工業上有益となる。

【0030】なお、 $b=0 \sim 35$ ( $b=0$ も含む)においては、 $\rho d c = 1 \times 10^7 \sim 5 \times 10^{10} \Omega \text{cm}$ であった。

#### 【0031】実施例4

実施例2と同様にして、組成比を $(70-c)(\text{Ni}_{0.7} \cdot \text{Cu}_{0.3}) \text{O} \cdot 30\text{ZnO} \cdot c\text{Fe}_2\text{O}_3$ とし、ここで $c=30, 35, 40, 45, 46, 47, 48, 49$ となるように、リング状のフェライト焼結体を得た後、0℃～60℃の範囲にわたり、比透磁率 $\mu$ を測定した。また、この時同時に、損失係数 $\tan \delta$ も求めた。その結果を図4に示す。図4から明らかなように、 $c$ が48.5以下で $\Delta \mu_T$ が負を示している。一方、 $\tan \delta$ は、 $c$ が48.5以上で著しく高くなり、また32%以下でも明らかに高い値を示している。 $\mu_{20^\circ\text{C}}$ は $c$ の増加とともに向上している。したがって、磁芯特性として有用な範囲は $c$ が32～48.5である。

【0032】なお、 $c=32 \sim 48.5$ においては、 $\rho d c = 5 \times 10^8 \sim 3 \times 10^{10} \Omega \text{cm}$ であった。

#### 【0033】実施例5

実施例2と同様にして、組成比を $(70-c)(\text{Ni}_{0.7} \cdot \text{Cu}_{0.3}) \cdot 30\text{ZnO} \cdot c\text{Fe}_2\text{O}_3$ とし、ここで $c=46.5, 47.0, 47.5, 48.0, 48.5$ となるフェライト焼結体を得た。次に、これらのフェライト磁性材料を実施例1と同様に加工した後に、同形状のモールド型素子を作製した。ここで、モールドに使用した樹脂は封止用ポリエステル樹脂および封止用エポキシ樹脂であり、これらの樹脂の曲げ弾性率は700～1500kgf/mm<sup>2</sup>であった。また、これらのモールド成形条件は、約160℃の温度で約50kg/cm<sup>2</sup>の圧力である。

【0034】次に、これらモールド素子のインダクタンスの変化率 $\Delta L$ を実施例1と同様にして測定した。その結果を図5に示す。 $c=47.0 \sim 48.5$ ににおいて組成に対する変化が明かに小さくなっている。したがって、フェライト磁性材料の製造においては、 $c=47.0 \sim 48.5$ とすることが工業上特に有用となることが分かる。

#### 【0035】実施例6

実施例5と同様にして、フェライト焼結体を作製し、モールド素子を作製してモールド素子のインダクタンスの変化率 $\Delta L$ を測定した。ただし、ここで使用したモールド用の樹脂は、エポキシ系およびポリエステル系であり、樹脂の曲げ弾性率は300, 700, 1200, 1600, 2000, 2200kgf/mm<sup>2</sup>(試験方法JISK)となっている。

【0036】その結果を図6に示す。モールド樹脂の曲げ弾性率が $200\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以下の範囲で $\Delta L$ が明かに小さくなっている。したがって、モールド用の樹脂としては、曲げ弾性率が $200\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以下のものを用いることが工業上有益となる。

#### 【0037】実施例7

実施例5で作製した成形用粉末を使用し、成形圧 $2\text{トン}/\text{cm}^2$ で外形 $10\text{mm}$ 、高さ $3\text{mm}$ の円盤状に成形した後、大気中で $900^\circ\text{C}$ 、 $950^\circ\text{C}$ 、 $1000^\circ\text{C}$ 、 $1050^\circ\text{C}$ で4時間保持してフェライト焼結体を得た。次に、これらのフェライト焼結体の直流比抵抗 $\rho_{dc}$ をブリッジ法にて測定した。

【0038】その結果を図7に示す。 $c=47.0\sim 49.0$ において、広い焼結温度の範囲で高い $\rho_{dc}$ を示している。したがって、L素子の構成に絶縁被覆導線を使用する場合には、 $\rho_{dc}$ が高い方がよいので、実施例5の結果と合わせると $c=47.0\sim 48.5$ であることが望ましい。

【0039】以上の実施例からわかるように、Ni、Cu、Zn、Feの酸化物を主成分として含有するスピネル型フェライト焼結体の $\mu$ の温度変化率 $\Delta\mu/T$ を負とすることで、これを使用したモールド型インダクタの温度変化を著しく小さくすることができる。

【0040】また、これらフェライト主成分の組成比を、 $a(\text{Ni}_{(1-x)}\cdot\text{Cu}_x)\text{O}\cdot b\text{ZnO}\cdot c\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $x=0.1\sim 0.8$ 、 $a+b+c=100$ とし、 $b=0\sim 35$  ( $b=0$ も含む)、 $c=32\sim 48.5$ とすることで、 $\Delta\mu/T$ が負で、損失が小さい磁芯材料を得ることができる。

【0041】本実施例では、フェライトの構成元素をNiO、CuO、ZnO、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ とした材料についてのみ述べているが、これのみに限定されるものではなく、例えばCoやMn、Ca、Cr、Al、Ti等の添加物を含有しても、また原料中に含まれる不純物を含有しても、主成分がNiO、CuO、ZnO、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ で構成するものであれば、本発明の範囲にある。

【0042】また、粉末の予備焼成及び成形体の焼結を大気中で行なっているが、焼結における磁性生成物がスピネル型フェライトであれば製法が予備焼成なし、共沈法、水熱合成法、噴霧焙焼法等を適用しても、焼成雰囲気が大気中に比べ酸化性であっても、還元性であっても、本発明の範囲にある。また、成形体の成形法についても特に限定されるものでない。

【0043】本実施例では、スピネル型フェライトとして市販されているNi-Zn系フェライト及びNi-Cu-Zn系フェライトについてのみ述べているが、本発明は、フェライト材と樹脂の間に生ずる応力に関係する $\mu$ の変化を、フェライト材の温度変化にて補正し、温度特性の良好なインダクタを提供するものであるため、必ずしもNi系フェライト材料にのみ限定されるものでな

く、Mg系、Mn系、Co系、Cu系、Li系、フェライト系及びそれらの複合化、ZnO等による組成系及び添加物を含有したとしても、 $\mu$ の温度変化が負を示すスピネル型フェライトで構成されているものであれば、本発明の範囲にあることは、容易に理解できる。

【0044】次に本発明の酸化物磁性材料を説明する。

【0045】本発明の酸化物磁性材料は、スピネル型フェライト磁性材料の主成分を $a(\text{Ni}_{(1-x)}\cdot\text{Cu}_x)\text{O}\cdot b\text{ZnO}\cdot c\text{Fe}_2\text{O}_3$ とした場合に、 $x=0.05\sim 0.55$ 、 $a+b+c=100$ 、 $b=11.0\sim 25.0$ 、 $c=44.0\sim 49.7$ とすることを特徴とする。

【0046】前記 $x$ を $0.05$ 以上としたのは、焼結温度を著しく低下することができるからである。一方、 $x$ を $0.55$ 以下としたのは、 $x$ を $0.55$ 以上とすると $500^\circ\text{C}$ の磁界を引加した時の $20^\circ\text{C}$ での磁束密度 $B_{50}$ が $3500\text{G}$ 以下となり、直流比抵抗 $\rho_{dc}$ が $1\times 10^7\Omega\cdot\text{cm}$ 以下となるからである。したがって、 $x=0.05\sim 0.55$ とした。

【0047】また、前記 $b$ を $11.0$ 以下とすると $20^\circ\text{C}$ での $B_{50}$ が $4000\text{G}$ 以下となり、一方 $b$ が $25.0$ 以上では $100^\circ\text{C}$ での $B_{50}$ が $3500\text{G}$ 以下となる。したがって、 $b=11.0\sim 25.0$ とした。

【0048】また、前記 $c$ を $44.0$ 以下とすると $20^\circ\text{C}$ での $B_{50}$ が $4000\text{G}$ 以下となると共に $100^\circ\text{C}$ での $B_{50}$ が $3500\text{G}$ 以下となり、一方 $c$ が $49.7$ 以上では $\rho_{dc}$ が $1\times 10^7\Omega\cdot\text{cm}$ 以下となるからである。したがって、 $c=44.0\sim 49.7$ とした。

【0049】次に本発明の酸化物磁性材料の具体的な実施例を説明する。

#### 【0050】実施例8

主成分を $32(\text{Ni}_{(1-x)}\cdot\text{Cu}_x)\text{O}\cdot 20\text{ZnO}\cdot 48\text{Fe}_2\text{O}_3$ とし、ここで $x=0, 0.005, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06$ となるように、酸化鉄( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )と酸化ニッケル(NiO)と酸化第2銅(CuO)および酸化亜鉛(ZnO)を原料とし、ボードミルにて20時間湿式混合した。

【0051】次に、これらの原料混合粉末を大気中で $800^\circ\text{C}$ で2時間仮焼した後に、ボードミルにて3時間湿式粉碎し、成形用粉末とした。

【0052】次に、これらの粉碎粉末にPVAを $1\text{wt}\%$ 湿式混合した後に、成形圧 $2\text{トン}/\text{cm}^2$ で外径約 $18\text{mm}$ 、内径約 $12\text{mm}$ 、高さ約 $7\text{mm}$ の成形体となるように金型を使用し圧縮成形した。次に、これらの成形体を大気中で徐熱、炉冷にて $900^\circ\text{C}\sim 1400^\circ\text{C}$ の範囲で4時間保持して焼結した。

【0053】次に、これらの焼結体の密度をアルキメデス法にて測定した。そして、焼結温度に対して焼結密度がほぼ飽和に達する温度を $T_{\text{sin}}$ として図8に示した。 $x$ が $0.05$ 以上では $T_{\text{sin}}$ が著しく低下し、 $x$

=0に比べ焼結温度を約200℃以下に低下することが可能となる。したがって、これの近傍の温度では、焼結工程でのエネルギー費用と設備が著しく低減できる。

【0054】次に、各々の組成についてTsinより約100℃高い温度で焼結した試料について、直径0.26mmの絶縁被覆銅線を10回巻線した後、YHP製アナライザーを用いて、100KHz、1mAの電流を流し、比透磁率 $\mu$ を測定した。また、磁化は、電磁誘導法により20℃および100℃における直流B-H特性を測定し引加磁場500eにおける磁化量 $B_{50}$ を求めた。また、直流比抵抗 $\rho_{dc}$ は、ブリッジ法を用いて測定した。

【0055】これらの測定結果を図8に示す。図8より明かなように、20℃での $B_{50}$ は $x=0\sim0.6$ においては4000G以上であるが、100℃での $B_{50}$ は $x\geq 0.55$ において3500G以上である。 $\rho_{dc}$ は $x\leq 0.55$ において $10^7\Omega\cdot\text{cm}$ 以上を示している。また、 $\mu$ は250～320の範囲にあり、明かに軟磁性を示し、磁心用材料として機能することを示している。したがって、これらの結果から、 $x=0.05\sim0.55$ と設定する。

#### 【0056】実施例9

実施例8と同様にして、主成分を(52-b)(Ni<sub>0.8</sub>)・Cu<sub>0.2</sub>)O・bZnO・48Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とし、ここでb=10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26となるように、リング状のフェライト焼結体を1050℃で焼結して得た後、 $B_{50}$ ,  $\mu$ ,  $\rho_{dc}$ を測定した。

【0057】これらの測定結果を図9に示す。図9より明かなように、20℃における $B_{50}$ が4000Gを示すbの範囲は11～26であり、100℃における $B_{50}$ が3500Gを示すbの範囲は10～25である。また、 $\mu$ は150～480の範囲にあり、磁心用材料として機能することを示している。 $\rho_{dc}$ は $10^9\sim10^{11}\Omega\cdot\text{cm}$ を示している。したがって、これらの結果から、b=11～25と設定する。

#### 【0058】実施例10

実施例8と同様にして、主成分を(80-c)(Ni<sub>0.8</sub>)・Cu<sub>0.2</sub>)O・20ZnO・48Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とし、ここでc=50, 49.5, 49, 48, 47, 46, 45, 44, 43となるように、リング状のフェライト焼結体を1050℃で焼結して得た後、 $B_{50}$ ,  $\mu$ ,  $\rho_{dc}$ を測定した。

【0059】これらの測定結果を図9に示す。図9より明かなように、20℃における $B_{50}$ が4000Gを示すcの範囲は44～50であり、100℃における $B_{50}$ が3500Gを示すcの範囲は44～50である。また、 $\mu$ は220～310の範囲にあり、磁心用材料として機能することを示している。 $\rho_{dc}$ はc=43～49.7において $10^7\Omega\cdot\text{cm}$ 以上を示している。したがって、

これらの結果から、c=44.0～49.7と設定する。

【0060】実施例8～10では、フェライトの構成元素をNiO, CuO, ZnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とした材料についてのみ述べているが、これのみに限定されるものではなく、例えばCoやMn, Ca, Cr, Al, Ti等の添加物を含有しても、また原料中に含まれる不純物を含有しても、主成分がNiO, CuO, ZnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で構成するものであれば、本発明の範囲にある。

【0061】また、粉末の予備焼成及び成形体の焼結を大気中で行なっているが、焼結における磁性生成物がスピネル型フェライトであれば製法が予備焼成なし、共沈法、水熱合成法、噴霧焙焼法等を適用しても、焼成雰囲気が大気中に比べ酸化性であっても、還元性であっても、本発明の範囲にある。また、成形体の成形法についても特に限定されるものでない。

#### 【0062】

【発明の効果】本発明のインダクタは、スピネル型フェライトを磁芯材料としこれに樹脂を複合化してインダクタを製造する際に多層化処理が不要であって、かつ、インダクタンスの温度係数が良好である。

【0063】本発明のインダクタは、電気導線の絶縁被覆膜が破損した場合でも電氣的短絡を防止することができ、

【0064】本発明の酸化物磁性材料は、電気絶縁性を要する場合にも絶縁被覆処理をする必要がない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1におけるモールド型のインダクタの $\Delta L$ をフェライト材料の $\Delta\mu_T$ との関係を示す図である(図中、○印はポリエステル系樹脂で、△印はエポキシ系樹脂でモールドしたインダクタの特性を示す)。

【図2】本発明の実施例2におけるCuOの組成値xとフェライト焼結体の $\mu_{20^\circ\text{C}}$ 、 $\Delta\mu_T$ の関係を示す図である。

【図3】本発明の実施例3におけるZnOの組成値bとフェライト焼結体の $\mu_{20^\circ\text{C}}$ 、 $\Delta\mu_T$ の関係を示す図である。

【図4】本発明の実施例4におけるFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の組成値cとフェライト焼結体の $\mu_{20^\circ\text{C}}$ 、 $\tan\delta$ 、 $\Delta\mu_T$ の関係を示す図である。

【図5】本発明の実施例5におけるモールド型のインダクタの $\Delta L$ とフェライト材料のFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の組成との関係を示す図である(図中、○印はポリエステル系樹脂で、□印はエポキシ系樹脂でモールドしたインダクタの特性を示す)。

【図6】本発明の実施例6におけるモールド型のインダクタの $\Delta L$ とモールド用樹脂の曲げ弾性率との関係を示す図である(図中、フェライト磁性材料におけるFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の組成をcmol%とした場合に、○印はc=4

11

7.0を示し、□印は $c=47.5$ を示し、△印は $c=48.0$ を示し、×印は $c=48.5$ を示す。

【図7】本発明の実施例7におけるモールド型のインダクタの $\rho d c$ と組成との関係を示す図である（図中、焼結温度を $T^{\circ}\text{C}$ とした場合に、○印は $T=900$ を示し、□印は $T=950$ を示し、△印は $T=1000$ を示し、×印は $T=1050$ を示す）。

【図8】本発明の実施例8における $x$ と磁性特性（ $B_{50}$ 、 $\mu$ 、 $\rho d c$ ）の関係を示す図である（図中、○印は $20^{\circ}\text{C}$ における測定値を示し、△印は $100^{\circ}\text{C}$ にお

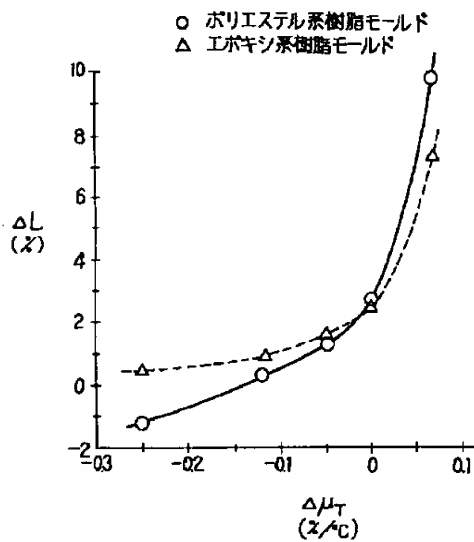
12

ける測定値を示す）。

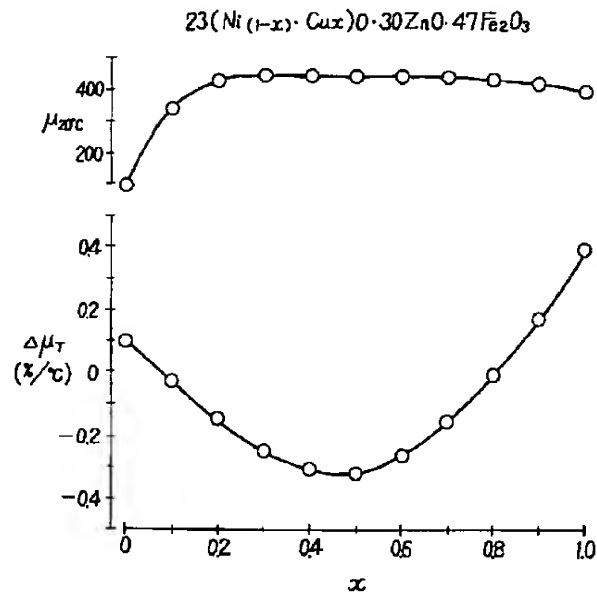
【図9】本発明の実施例9における $b$ と磁性特性（ $B_{50}$ 、 $\mu$ 、 $\rho d c$ ）の関係を示す図である（図中、○印は $20^{\circ}\text{C}$ における測定値を示し、△印は $100^{\circ}\text{C}$ における測定値を示す）。

【図10】本発明の実施例10における $c$ と磁性特性（ $B_{50}$ 、 $\mu$ 、 $\rho d c$ ）の関係を示す図である（図中、○印は $20^{\circ}\text{C}$ における測定値を示し、△印は $100^{\circ}\text{C}$ における測定値を示す）。

【図1】

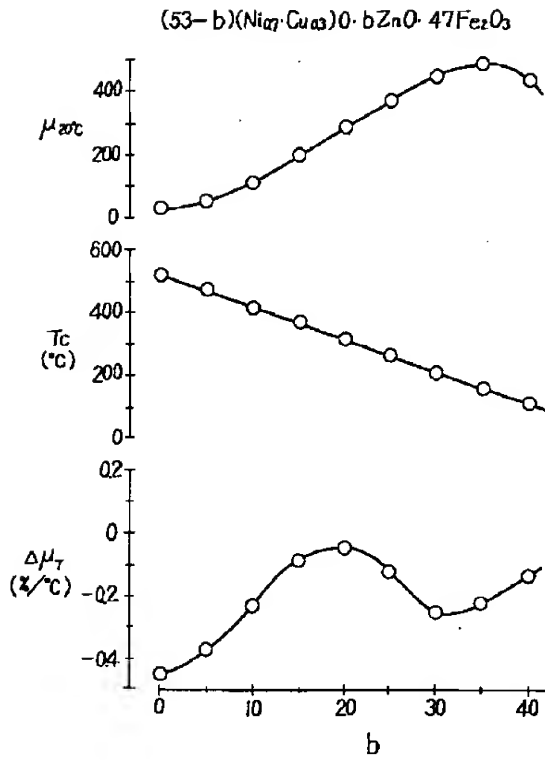


【図2】

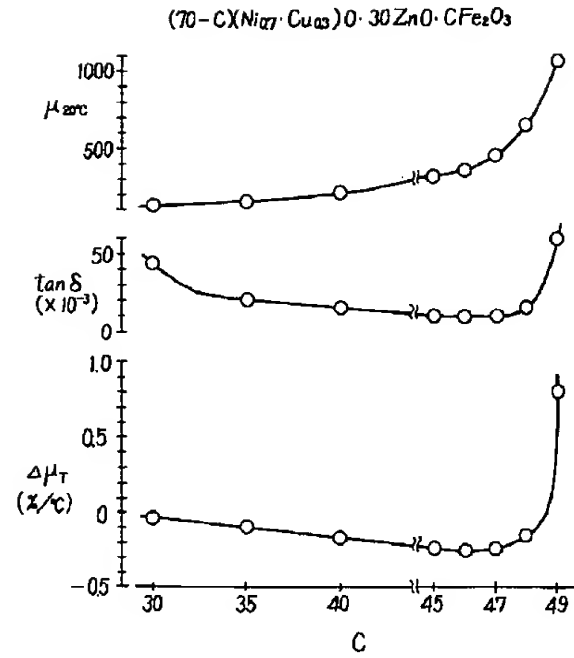




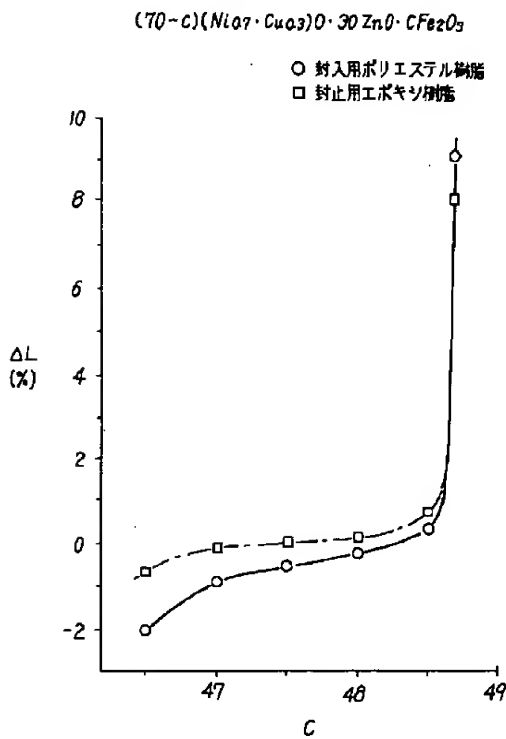
【図3】



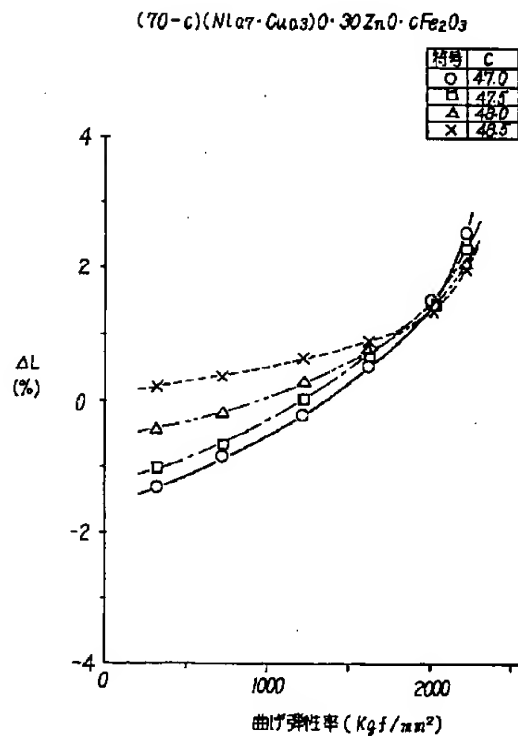
【図4】



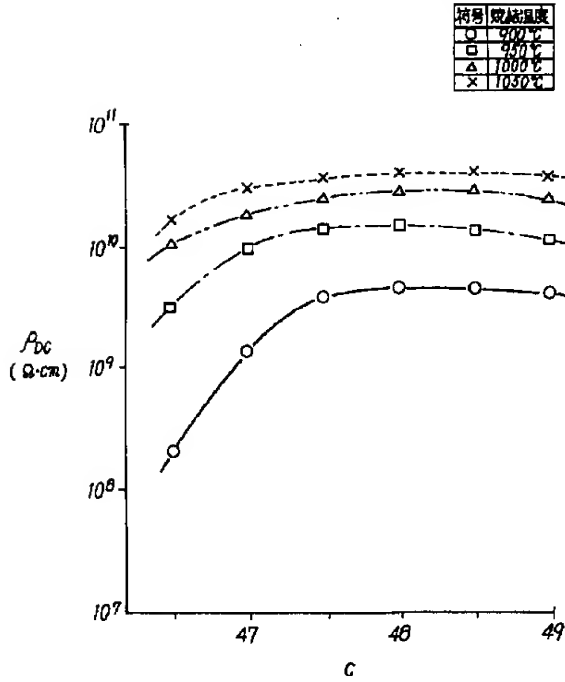
【図5】



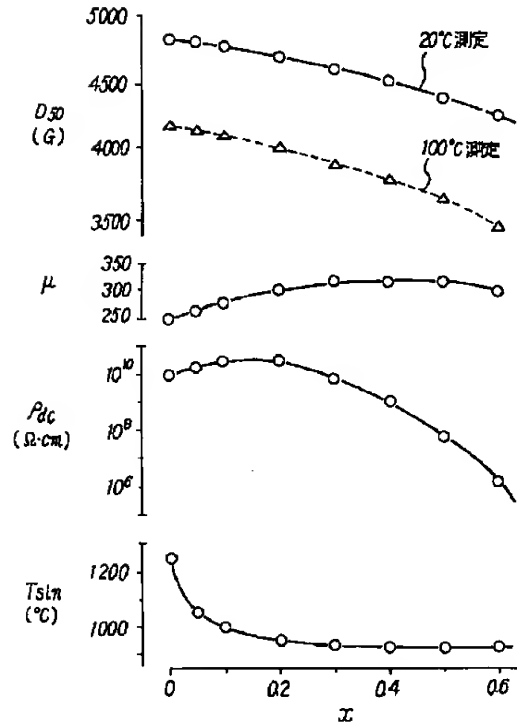
【図6】



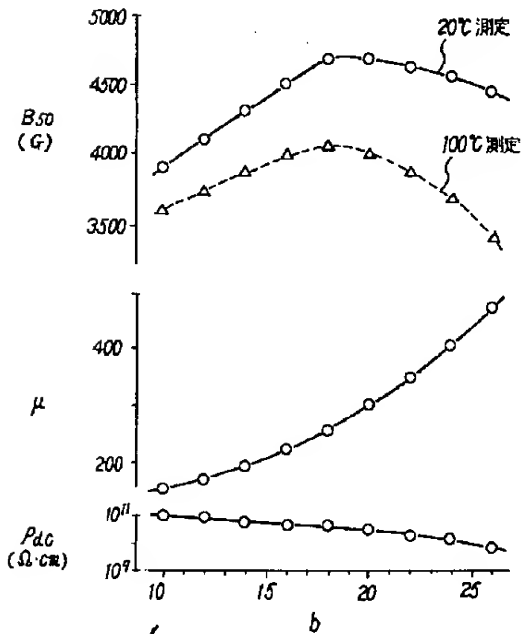
【図7】

(70-c)(Ni<sub>0.7</sub>Cu<sub>0.3</sub>)O·30ZnO·cFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

【図8】

32(Ni(1-x)·Cu<sub>x</sub>)O·20ZnO·48Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

【図9】

(52-b)(Ni<sub>0.8</sub>Cu<sub>0.2</sub>)O·bZnO·48Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

【図10】

(80-c)(Ni<sub>0.8</sub>Cu<sub>0.2</sub>)O·20ZnO·cFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>